

S. Aleksandrović\*

**ODREĐIVANJE KRIVIH OJAČANJA, MEHANIČKIH  
KARAKTERISTIKA I "n - FAKTORA" TANKIH LIMOVA PRIMENOM  
KOMPJUTERSKOG SISTEMA ZA AKVIZICIJU**

**REZIME**

U radu je dat prikaz hardverskih komponenti sistema za akviziciju, opis softvera, testiranje tačnosti i, konačno, prikaz rezultata ispitivanja odgovarajućih limova. Celokupan sistem za akviziciju razvijen je na laboratorijskoj mašini za ispitivanje limova ERICHSEN 142/12.

**1. UVOD**

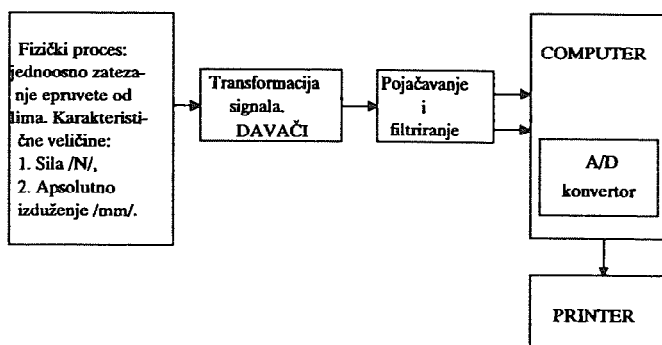
Klasična primena računara podrazumeva izradu i (ili) korišćenje softvera zasnovanog na matematičkim modelima koji zahtevaju složena numerička izračunavanja. Međutim, treba posebno naglasiti direktnu primenu računara u realnim procesima koji se odvijaju bilo u proizvodnim bilo u laboratorijskim tehničkim sistemima. Ta primena podrazumeva merenje i upravljanje. U našim uslovima ovaj aspekt korišćenja računara je nedovoljno naglašen iako je od velikog značaja za tehnološku praksu.

Većina fizičkih veličina tehničkih sistema u mašinstvu je kontinualne neelektrične prirode. Da bi se ostvarila komunikacija sa računarom potrebno je neelektrične veličine pretvoriti u električne (najčešće napon; i to je onda t.z.v. analogni signal). Zatim se taj analogni signal pretvara u digitalni (diskretizovani) prihvatljiv za kompjuter. Softverskom obradom takvog signala moguće je dobiti željeni izlaz, ili povratnu spregu, odnosno upravljajuće dejstvo na sistem. Centralno mesto u sistemima za akviziciju (DA sistemi) ima analogno-digitalni konvertor (A/D) koji upravo omogućava pomenutu transformaciju signala.

\*Mr Srbislav Aleksandrović dipl.ing., asistent, Mašinski fakultet Kragujevac, S. Janjić 6

## 2. KONCEPCIJA I HARDVERSKE KOMPONENTE REALIZOVANOG DA SISTEMA

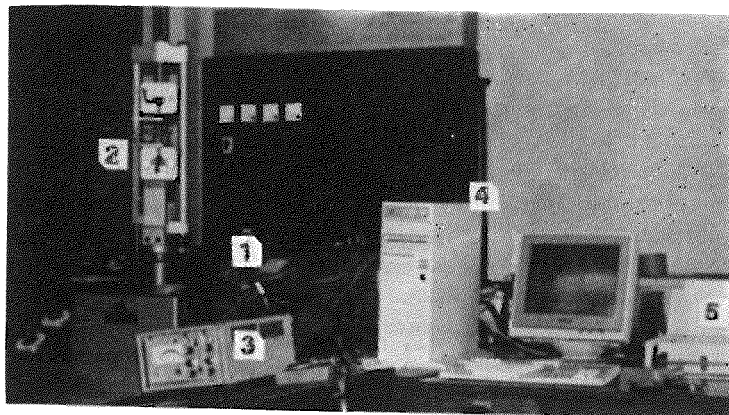
Fizički proces koji se prati je jednoosno zatezanje standardne epruvete od lima. Na sl.1 je prikazana blok šema ovog DA sistema. Proces karakterišu dve veličine: sila zatezanja i apsolutno izduženje. Njihov odnos tokom procesa definiše dijagram zatezanja. Prvi zahvat koji je potrebno učiniti je transformacija sile i izduženja u naponske signale. To je urađeno induktivnim davačima (fot.2).



Sl.1 Blok shema realizovanog DA sistema

U narednoj fazi ti signali se pojačavaju i filtriraju od šuma. Tako pripremljeni signali se onda uvode u A/D konvertor gde se analogna zavisnost sile od izduženja digitalizuje, odnosno, pretvara u dva niza realnih brojeva. Na osnovu toga i polaznih podataka softver omogućava dobijanje traženih rezultata.

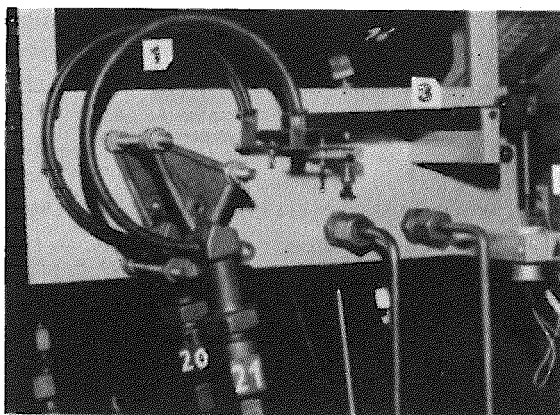
Prvi deo sistema (1 na fot.1) je hidraulična mašina ERICHSEN 142/12 sa specijalnim uređajem za zatezanje (2). Merni opseg sile je 0-20 kN, a brzina deformisanja 15 mm/min. Drugi deo sistema su davači. Tokom rada na sistemu pokazalo se da ga je



Fot. 1 Izgled kompletnog DA sistema

moguće ostvariti kao dvokanalni (odvojeno se koristi davač sile, a odvojeno davač izduženja) i kao jednokanalni (samo davač sile). Druga varijanta je zasnovana na činjenici da se proces prati u realnom vremenu i da postoji jednoznačna veza između izduženja i vremena zbog konstantne brzine deformisanja. Za vreme je direktno vezana frekvencija A/D konvertora (ovde je ona 10 Hz zbog kvazistatičkog karaktera procesa), tako da redni broj konvertovanih vrednosti sile u brojnom nizu predstavlja odgovarajuće izduženje. Pokazalo se da je jednokanalni sistem pouzdaniji i tačniji /2,3/.

Davač sile je induktivni i smešten direktno u mašini (fot.2). Pošto on zahteva kao ulaznu veličinu pomeranje, ono je ostvareno Burdonovim cevima (1, fot.2) i do davača (2) preneto dvokrakom polugom (3). Kako je amplituda naponskog signala na izlazu iz davača mala (180 mV za silu od 5 kN) potrebno je primeniti pojačivač. Pored funkcije pojačanja (sa faktorom 20) korišćeni uređaj /2/ vrši i funkciju niskopropusnog jednopolnog filtera /2,4,5/ šuma od 24 Hz koga generiše pogonski elektromotor mašine. Ostali izvori šuma su preventivno dosta uspešno ublaženi /4,5/.



Fot. 2 Ugradnja davača sile

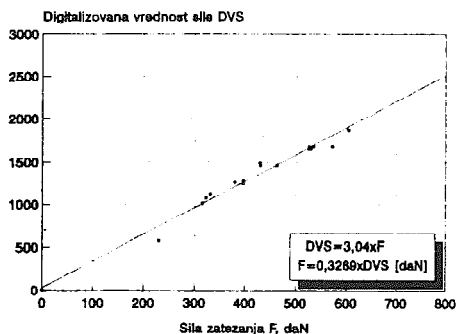
Četvrti deo sistema je i njegovo središte. To je računar (4 na fot.1) sa integrisanom multifunkcijskom A/D - D/A kartom. Računar je PC sa procesorom 80386DX na 33 MHz sa 4 MB RAM-a. Kartica je tipa PCADDA-12 FPC-010 firme FLYTECH TECHNOLOGY Co. Ltd., Taiwan. Treba reći da je to uređaj relativno niske cene uz solidne performanse (A/D konvertor ima 16 kanala sa 12-to bitnom rezolucijom i max frekvencijom od 200 Hz, dozvoljeni opseg ulaznog signala 0 do +9V a D/A konvertor 1 kanal sa istom rezolucijom i opsegom izlaznog signala -9V do +9V). Peti deo sistema je printer kao izlazna periferija (5 na fot.1).

### 3. SOFTVERSKA PODRŠKA DA SISTEMA

Softversku podršku ovog D/A sistema predstavlja program nazvan LIMAS (za algoritam i detalje videti /2/). On omogućava izvođenje A/D konverzije, softversko filtriranje šuma, kompletnu obradu dijagrama, određivanje mehaničkih karakteristika, "n-faktora" i pripremu fajlova za prikaz krivih ojačanja u odgovarajućim komercijalnim programskim paketima.

Prva faza izvršavanja programa je A/D konverzija i smeštaj u fajl dva brojna niza koji predstavljaju digitalizovane vrednosti sile i izduženja. Opciono, može se izbeći upisivanje u fajl, a aktivirati očitavanje nizova iz prethodno formiranih fajlova.

Posle uspešno oformljenih izvornih brojnih nizova obavlja se filtriranje metodom pokretnih sredina. Efekat je eliminacija izrazitih lokalnih maksimuma i minimuma.



Sl. 2 Kalibracioni dijagram za silu

Posle filtriranja sledi obrada dijagrama na čijem početku se traži unos polaznih dimenzija epruvete i dužina posle kidanja (te 4 veličine su jedine koje se mere van DA sistema). Razmera za izduženje se određuje u programu dok se razmera za silu određuje prethodnom kalibracijom (sl.2).

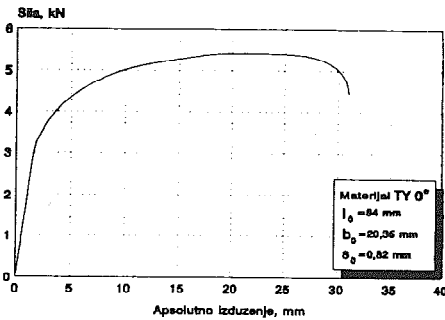
Mehaničke karakteristike se izračunavaju po poznatoj standardnoj proceduri, a kriva ojačanja i "n-faktor" na način dat u /1,2/. Izvorna kriva zatezanja i tri varijante krive ojačanja pakuju se u

fajlove za prezentaciju u pogodnim grafičkim programima. Sve izračunate vrednosti se štampaju pri kraju izvršavanja programa. Inače, tokom rada programa korisnik je u situaciji da prati faze rada i međurezultate.

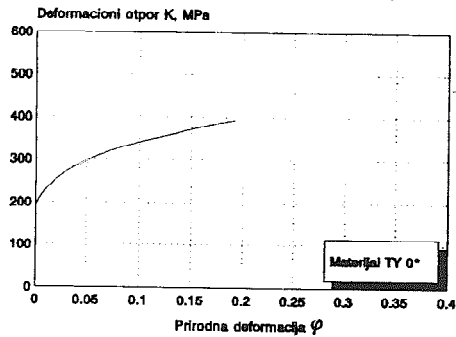
#### 4. PRIKAZ REZULTATA

Rezultati ispitivanja mehaničkih karakteristika lima Thyssen St.1403 DA sistemom LIMAS			
Oznaka lima	Thyssen St.1403		
Početna merna dužina epruvete, mm	84		
Početna širina epruvete, mm	20,35		
Debljina lima, mm	0,82		
ZATEZNA ČVRSTOĆA, MPa	324,57		
GRANICA TEČENJA, MPa	194,45		
PROCENTUALNO IZDUŽENJE PRI RAZARANJU, %	34,1		
" n " FAKTOR	0,193		
PRIRODNA DEFORMACIJA PRI NAJVEĆOJ SILI	0,191		
APROKSIMACIJA OBLIKA $K=C\varphi^n$	C=540,753		
$K=C_1 + C_2\varphi^m$	$C_1=194,453$	$C_2=373,102$	$m=0,382$

Za primer je uzet lim od čelika St.1403 (DIN) proizveden u železari Thyssen (Nemačka) (oznaka TY na dijagramima). Epruveta je sečena u pravcu valjanja (0° na

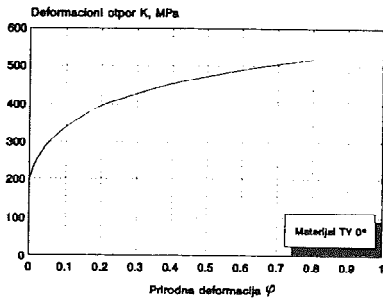


Sl. 3 Dijagram zatezanja dobijen DA sistemom LIMAS

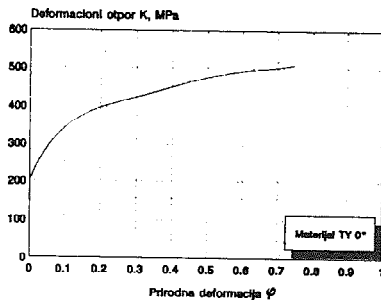


Sl. 4 Eksperimentalna kriva ojačanja dobijena DA sistemom LIMAS

Sl.3 prikazuje krivu zatezanja koju čini 814 tačaka grupisanih tako da čine kontinualnu liniju. Sl.4 daje osnovnu krivu ojačanja koja je generisana sa 107 tačaka međusobno spojenih pravim linijama.



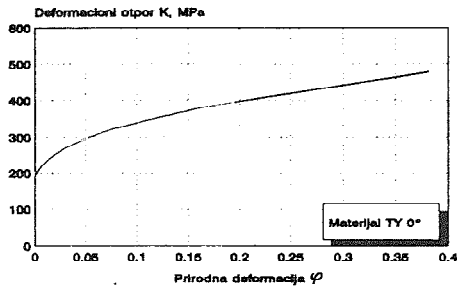
Sl. 5 Kombinovana kriva ojačanja (deo sa sl.4 i aproksimacija  $K=540,7\phi^{0,19}$ )



Sl. 6 Aproksimacija krive sa sl.6 polinomom petog stepena

Sl.5 daje predlog za jedan uspešan način aproksimiranja krive ojačanja. Zahvaljujući D/A sistemu formira se spoj eksperimentalne krive (ovde postoji samo u oblasti homogenog deformisanja) i aproksimacije  $K=C\phi^n$  (koja je vrlo povoljna za veće vrednosti deformacije od 10%) na jednom dijagramu. Kao što se vidi spoj je vrlo povoljan i otklanja glavni nedostatak određivanja krive ojačanja zatezanjem - malu maksimalnu deformaciju. U cilju dobijanja jedinstvene aproksimacione formule na skupu od 229 tačaka (koje čine krivu na sl. 5) izvršeno je fitovanje i metodom najmanjih kvadrata određeni koeficijenti polinoma petog stepena. Konačno, na sl.7 prikazana je i aproksimacija krive ojačanja pravom linijom van oblasti homogenog zatezanja.

Testiranje rezultata je vršeno komparativno. Ista ispitivanja kao na prikazanom sistemu su rađena i klasično (na mehaničkoj kidalici i na mašini ERICHSEN 142/12 bez DA sistema). Razlike su manje od 5%. Detalji se mogu naći u /2/.



Sl.7 Aproximacija pravom linijom van homogene oblasti

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženih rezultata može se zaključiti da DA sistem LIMAS ima vrlo povoljne performanse koje ga čine jakim sredstvom u ispitivanju limova. NJrgova dogradnja ide u smislu određivanja i "r-faktora". Ograničenje softvera je primena na konkretnu mašinu i ostale komponente ovog DA sistema.

## 6. LITERATURA

/1/ B. Devedžić: Osnovi teorije plastičnog deformisanja metala, Mašinski fakultet Kragujevac, 1975.g.

/2/ S. Aleksandrović: Granična deformabilnost tankih limova u uslovima nemonotnog procesa plastičnog deformisanja, mag. rad, Mašinski fakultet Kragujevac, 1993.g.

/3/ S. Aleksandrović: Problem neujednačenosti rezultata eksperimentalnog određivanja eksponenta deformacionog ojačavanja karoserijskih limova, 24. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, N. Sad 1992.g., Zbornik str. 1-113 do 1-120.

/4/ PCI Handbook, BURR BROWN Co., Tucson, Arizona, USA, 1991.g.

/5/ IEEE-488 Control, Data Acquisition and Analysis for your computer, NATIONAL INSTRUMENTS Co., Austin, Texas, USA, 1989.g.

S. Aleksandrovic

### DETERMINATION OF STRAIN-HARDENING CURVES, MECHANICAL PROPERTIES AND "n - VALUES" OF THIN SHEETS USING A COMPUTER DATA ACQUISITION SYSTEM

#### Summary

A description of hardware and software for the data acquisition system, testing accuracy and the obtained thin sheet investigation results are presented in the paper. The whole data acquisition system was developed on the laboratory testing machine ERICHSEN 142/12.